



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

## DE 100 05 202 A 1

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:

**D 04 H 1/52**

D 04 H 3/10

B 29 C 70/06

B 29 C 70/00

(21) Aktenzeichen: 100 05 202.9

(22) Anmeldetag: 3. 2. 2000

(43) Offenlegungstag: 2. 11. 2000

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

(71) Anmelder:

Institut für Verbundwerkstoffe GmbH, 67663  
Kaiserslautern, DE

(72) Erfinder:

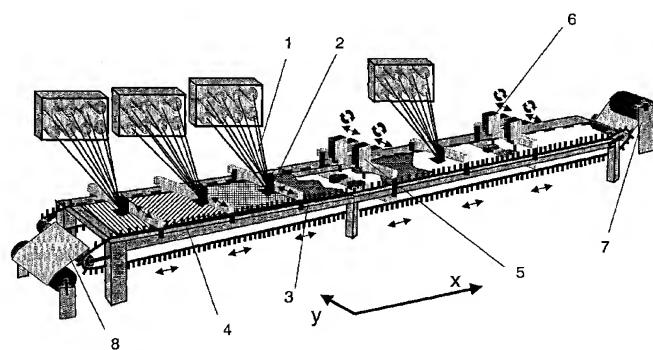
Weimer, Christian, 67715 Geiselberg, DE;  
Wöginger, Andreas, 68305 Mannheim, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Kontinuierliche, bauteil- und prozessorientierte Herstellung von Verstärkungsstruktur-Halbzeugen für Faser-Kunststoff-Verbundwerkstoffe

(57) Zur Herstellung von bauteil- und prozeßangepaßten flächigen textilen Verstärkungsstrukturhalbzeugen wird die "mehrdimensionale prozeß- und bauteilorientierte Halbzeugkonfektionierung" eingesetzt. Zunächst wird die Grundstruktur des Lagenaufbaus auf einer Legeeinheit (2) abgelegt. Die Geometriekonturen, bzw. die prozeßspezifisch notwendigen Nähthe, werden in die abgelegte Struktur mit in der ebene frei programmierbaren Nähköpfen (5, 6) eingebracht. Die Systemeinheiten Lege- und Nähbarren können modular in beliebiger Reihenfolge angeordnet werden. Im Vergleich zu den gängigen Verfahren, ist deshalb die Ablage von mehreren 0°-Lagen im Gelegeaufbau (3), aufgrund der möglichen Zwischenvernährung der Struktur in x- und y-Richtung, möglich. Diese Eigenschaft, insbesondere die freie Programmierbarkeit jedes einzelnen Nähstiches, ermöglicht es weiterhin, Kraftleitungselemente bzw. lokale Verstärkungen und Folien kontinuierlich zu integrieren. Bedingt durch die größere Durchgangshöhe der gegebenen Nähköpfe im Vergleich zu einer Wirkseinheit, können auch größere Lagenpakete miteinander vernäht werden. Unterschiedliche flächige Halbzeuge (8) können zusätzlich zugeführt werden. Durch die so erzeugte, determinierte Verstärkungsstruktur, die allerdings noch ein flächiges Trägersystem darstellt, kann am Ende des Prozesses eine Aufwickelung (7) erfolgen.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer neuartiger textilen Verstärkungshalbzeugklasse entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Zur Herstellung von endlosfaserverstärkten Faser-Kunststoff-Verbundbauteilen (FKV) werden die Verstärkungsfasern im allgemeinen in Form eines flächigen textilen Halbzeugs eingebracht. Eine Effizienzsteigerung in der Fertigung von Bauteilen aus endlosfaserverstärkten Kunststoffen wird durch verbesserte Technologien zur Herstellung der textilen Verstärkungsstrukturen erreicht. Die eingesetzte Technologie zur Herstellung von Faser-Halbzeugen ist für die später erzielbare Festigkeit, bzw. Ausnutzung der Faser-eigenschaften entscheidend. Die so herzustellenden Halbzeuge müssen einerseits verschiedene Faserorientierungen aufweisen können, und andererseits kompatibel mit der Matrix sein. Werden Gewebe als Verstärkungshalbzeug eingesetzt, können im Verbund beispielsweise nur 50–60% der möglichen Festigkeit einer exakt ausgerichteten Faser erzeugt werden. Daraus entsteht die Forderung nach Halbzeugen die exakt ausgerichtete Fasern aufweisen.

Geht man von den vorhandenen Fertigungsprozessen zur Herstellung von endlosfaserverstärkten FKV aus, so entstehen individuelle Anforderungen an das textile Halbzeug, welche sich aus dem Verarbeitungsprozeß und den bauteilspezifischen Anforderungen ergeben. Hieraus leitet sich die Forderung nach, prozeß- und bauteilorientierten, konfektionierten Faser-Halbzeugen ab. Herkömmliche Verarbeitungsverfahren für solche Werkstoffe basieren auf der Verwendung von gegebenen textilen Strukturen. Der Weg zur Lösung bauteil- und prozessspezifischer Probleme und Anforderungen, über eine Anpassung der textilen Halbzeuge wurde bisher nicht gegangen. Das vorliegende Verfahren stellt eine konsequente Lösung zur Herstellung von Faser-Halbzeugen dar, die sich aus speziellen Verarbeitungsprozessanforderungen ableiten (z. B. optimale Bindefadenarchitektur durch angepassten Nähprozeß) und gleichzeitig Anforderungen unterschiedlicher Bauteile erfüllen. Solche Halbzeuge werden im Folgenden als "Manufacturing Process Adapted Reinforcements (MPAR)" bezeichnet.

## Textile, vorkonfektionierte Halbzeuge

Es ist bekannt Fasern belastungsgerecht (bauteilorientiert, belastungsgerecht und konfektioniert) abzulegen und in einem nachfolgenden Wirkprozeß eindimensional, d. h. in einer Richtung, miteinander zu vernähen (Offenlegungsschrift DE 196 24 912 A1 und Offenlegungsschrift DE 197 26 831 A1 und Hörsting, K.; Huster, M.: Targetting cost reduction by FEA-designed reinforcement textiles. Proceedings 'ECCM-8', Neapel/Juni 1998, pp. 635-643). Solche flächige textile Halbzeuge werden als konfektionierte Gelege bezeichnet. Weiterhin findet im Sinne einer Konfektionierung von Verstärkungsstrukturen eine Weiterverarbeitung dieser konfektionierten Multi-Axial-Gelege mittels konventioneller Nähtechnik zu komplexen Vorformlingen (Preforms) statt. Verschiedenartige textile Halbzeuge, sowie Krafteinleitungselemente, können miteinander verbunden werden (Offenlegungsschrift 196 08 127 A1). Ein weiterer Prozeß zur belastungsgerechten Ablage von Fasern, und zur Herstellung von bauteilorientierten Einzelteilen, ist das sogenannte "Tailored Fibre Placement (TFP)" (Offenlegungsschrift DE 197 16 666 A1 und Offenlegungsschrift DE 197 16 666 A1), welches die Sticktechnologie ausnutzt um einzelne Fasern belastungsgerecht abzulegen.

Bei der Vorformling-Herstellung aus konfektionierten Gelegen sind zusätzliche Zuschneidearbeiten erforderlich.

Es entstehen ausfransende Kanten der Einzelteile bzw. eine erhöhte Menge an Verschnitt. Weiterhin müssen in diesem Falle Maßnahmen zur Vermeidung eines weiteren ausfransens getroffen werden.

5 Für den Fall der Weiterverarbeitung von konfektionierten Gelegen zu thermoplastischen FKV Systemen müssen Matrix kompatible Bindefäden (Maschenfäden, Wirkfäden) eingesetzt werden, welche allerdings häufig durch diverse Nähvorbereitungen (Texturierung, Verstreckung) nicht vollständig als Matrix- oder Faseranteil in den FKV eingehen. Die Verarbeitung solcher Fäden auf konventionellen Wirkmaschinen ist nur beschränkt möglich.

Durch die erhöhte Anzahl von Maschenreihen im Wirkprozeß erfolgt des weiteren eine Schädigung der Fasern (Faserondulationen, lokale Kompaktierungen) was zu einer Absenkung der mechanischen Eigenschaften des FKV führt. Sollen solche Gelege in nachfolgenden Nähprozessen zu komplexen Preforms weiterverarbeitet werden, so sind lokale Schiebeverfestigungen vorzunehmen um Verschiebungen (z. B. Faserondulationen, Gelegetverzug) zu vermeiden, um so ein optimales Ergebnis zu gewährleisten. Dies erfordert einen weiteren Arbeitschritt zusätzlich zur Gelegeherstellung bzw. des eigentlichen Preformings.

Die Nähfäden dienen zur Fixierung der Einzellagen zueinander. Diese Funktion kann das Gelege nur im trockenen Zustand erfüllen. Nach dem Imprägnierungsvorgang ist der überwiegende Teil der maschenbildenden Fäden überflüssig und führt zu abgesenkten mechanischen in-plane Eigenschaften im Vergleich zu UD-Tapes.

25 Ein Verfahren zur direkten Herstellung von Teilen, bzw. des kompletten Bauteils als Preform ist das sogenannte TFP, wobei hier ein Trägermaterial verwendet werden muß. Dieses Verfahren benutzt eine modifizierte Sticktechnologie, weshalb die Problematik der Rückseite dieses Verstärkungstextils von Bedeutung ist. Es entstehen Verknotungslagen des eingesetzten Doppelsteppstichs, welche bei der einzelnen Fixierung jedes einzelnen benötigten Rovings, von größerem Ausmaß sind. Von diesen Verknotungslagen ausgehend, sind Fehlstellen im FKV zu erwarten, was in Verbindung mit dem Trägermaterial erheblich sein kann. Weiterhin, können mehrere Teile parallel gefertigt werden, jedoch muß anschließend das Trägermaterial von der Stickmaschine entfernt, und die Maschine anschließend mit neuem Trägermaterial neu gerüstet werden. Ferner erfordert dieses Verfahren eine Fixierung jedes einzelnen Rovings, was, insbesondere für große Laminatdicken, zu einer häufigen Penetration der Sticknadeln durch die Verstärkungsstruktur kommt. Schädigungen der Verstärkungsrovings bleiben hierbei nicht aus. Ein weiterer Hemmschuh dieser Technologie stellen unterschiedliche und nicht exakt vorhersagbare Bauteildicken und die Berechnung solcher Strukturen dar.

50 Im Folgenden werden die Ausführungen unterteilt in Duromere-FKV und Thermoplast-FKV, um die unterschiedlichen Problemstellungen und Lösungen einzuteilen.

## Duromere-FKV

60 Im Falle der Verarbeitung zu FKV Systemen mit duromerer Matrix hat sich die Harzinjektionstechnik (RTM) als sehr flexibles Fertigungsverfahren etabliert. Hierbei werden vorkonfektionierte Preforms und/oder textile Verstärkungsstrukturen (konfektionierte Gelege, Geflechte, Gestricke, Gewebe, etc.) als Verstärkungshalbzeug eingesetzt.

65 Zur Herstellung von komplexen Preforms werden, in einem vorgelegerten Prozeß hergestellte textile Strukturen, eingesetzt. Jede einzelne benötigte Lage dieser Halbzeuge wird separat zugeschnitten um in einem Folgeprozeß zu dik-

keren Paketen zusammengefügt (Nähen oder Kleben bzw. Bindertechnologien) zu werden. Alle Eigenschaften dieser Halbzeuge, werden dabei übernommen (vgl. oben). Folgt man diesen Prozessen entstehen zahlreiche weitere Fertigungsschritte, welche den gesamten Prozeß in seiner Wirtschaftlichkeit erheblich negativ beeinflussen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die einzelnen benötigten Lagen vor der Montage zueinander fixiert vorliegen müssen. Der Handhabung kommt hier eine immense Bedeutung zu.

Randproblematiken die zu Fehlstellen oder Prozess-Fehlern führen, können (z. B. Race-Tracking) nur durch weitere Prozeßschritte vermieden werden. Trockene Kanten textiler Flächengebilde fransen aus und verhindern somit eine end-konturgenaue Fertigung.

Verbesserungen der Schadenstoleranz (Crash- oder Impacteigenschaften) werden mittels Endvernähung hergestellt. Hierbei werden mehrere Gelegetlagen zu Paketen zusammengefaßt und nochmals verwirkt, was als Endvernähung bezeichnet wird. Solche Maßnahmen senken die mechanischen "in-plane" Eigenschaften erheblich ab. Insbesondere ist dies entscheidend, wenn nicht die komplette Bauteilfläche den erhöhten Impact-Anforderungen standhalten muß, sondern lokal die in-plane Eigenschaften entscheidender sind.

#### Thermoplast-FKV

Im Falle thermoplastischer FKV Systeme ist im allgemeinen eine Imprägnierung und Konsolidierung der Fasern mit der Matrix in einem separaten Schritt vorzunehmen (Halbzeugherstellung). Hierzu werden flächige textile Halbzeuge eingesetzt.

Derzeitig verfügbare konfektionierte Gelege sind hinsichtlich Bindefadenanteil bzw. Bindefaden-Anordnung, dies entspricht in der Regel einer eindimensionalen flächigen Maschenstruktur, nicht optimiert. Im Falle der Verarbeitung von matrixkompatiblen Garnen, die in der Regel größere Feinheiten und Durchmesser aufweisen, findet durch den sehr hohen Anteil an Bindefäden eine erhebliche Schädigung der Fasern in der Ebene statt.

Diese konfektionierten Gelege können mittels Pulverimprägnierverfahren aufgrund der teilweise sehr dicken Längenpakete und in Verbindung mit Hochtemperatur-(HT)-Thermoplasten (aufschmelzen bzw. zersetzen der Bindefäden und der damit verbundenen Auflösung der Gelegestruktur) nicht verarbeitet werden.

Im Falle der Film-Stacking-Verfahren können zwei Wege verfolgt werden. Um die Fließwege gering zu halten müssen Gelege mit niedrigem Flächengewicht ( $< 500 \text{ g/m}^2$ ) eingesetzt werden. Andererseits können Gelege mit hohem Flächengewicht ( $> 500 \text{ g/m}^2$ ) nur verarbeitet werden, wenn während der Gelegerherstellung Folien in das konfektionierte Gelege mit eingewirkt werden. Diese Methode scheitert oftmals an dem sehr engen Maschenbett und der begrenzten Durchgangshöhe der Wirkeinheit und kann somit nur bei sehr dünnen Folien genutzt werden.

Die derzeitig konventionell eingesetzten Bindefäden erfüllen nach der Halbzeugherstellung oftmals keine Funktion im Verbund. Weiterhin sind diese Bindefäden schädlich im Bezug auf die Laminatqualitäten, da durch die Behandlung mit Spülölen und Gleitmittel, sowie teilweise durch den Faden selbst, Fremdstoffe in die Verbundmatrix gelangen. Erweichen oder schmelzen diese Fäden zu früh während der Halbzeugherstellung, verschieben sich die Faserlagen, was zu abgesenkten mechanischen Eigenschaften führt. Gleiches gilt auch für die Imprägnierung bzw. Direktmprägnierung von konfektionierten Gelegen auf basis von Hybridfäden.

Eine optimale Verarbeitung von konfektionierten Gele-

gen wird nur durch den Einsatz von speziellen Garnen (Kohlenstoff-, Glas- oder Aramidfaser bzw. matrixkompatible Bindefäden), welche die notwendige Temperaturbeständigkeit aufweisen, um die Fasern bei der Imprägnierung bzw. 5 der Konsolidierung fixiert zu halten, erreicht.

Die Weiterverarbeitung von "TFP" Halbzeugen zu thermoplastischen FKV ist mittels Direktimprägnier- und thermoplastischen Injektionsverfahren möglich. Die Vorteile des belastungsgerechten Ablegens von Verstärkungsfasern 10 bleiben erhalten, jedoch ist der Nähfadanteil, aus Gründen wie oben beschrieben, als kritisch einzuordnen. Die Werkzeuge sind aufgrund der Dickenvariationen komplex, wobei durch die Verknotungslagen der Nähfäden und den Nähfäden selbst keine glatten Oberflächen entstehen können. 15 Wirtschaftliche kontinuierliche Prozesse sind hier nicht denkbar.

Aufgabe der Erfindung ist es, die diversen Prozeßschritte die zwischen dem textilen Prozeß und der fertigen Bauteil-preform bzw. dem thermoplastischen Halbzeug (vollständig 20 konsolidierte und imprägnierte Platte oder Preform) liegen zu reduzieren und zu erleichtern. Das neue Verfahren leitet sich aus den Anforderungen an die textile Verstärkungsstruktur ab, möglichst ausgerichtete, nicht geschädigte Fasern einzusetzen, die aber gleichzeitig weiterverarbeitbar sind.

Zur Herstellung von komplexen 3D-Gemotrien für die Injektionstechnologien sollen Einzelteile erzeugt werden, welche in möglichst wenigen sehr einfachen Prozeßschritten zur gewünschten Struktur montiert werden können. Ebenfalls sollen diese in hohem Maße belastungsgerecht optimiert sein, lokale Krafteinleitungselemente bzw. spezielle Verstärkungen aufweisen, oder sonstige Funktionselemente, integrieren.

Durch die Möglichkeit zur Herstellung von "passgenauen" Einzelteilen ist es auch möglich den Harzinjektionsprozess gezielt zu beeinflussen (z. B. Lokale Erhöhung des Faservolumengehaltes) oder Sensorik (Aktuatorik, "Lifetime-Monitoring") gezielt in die Preform einzubringen.

Eine gezielte Herstellung der geforderten bauteilspezifischen Einzelteile (Einzellagen) steigert die Effizienz des Prozesses, und führt gleichzeitig zu einer Senkung der Materialkosten.

Bei der Weiterverarbeitung zu FKV mit thermoplastischer Matrix können die Verarbeitungseigenschaften, die Weiterverarbeitbarkeit und die Qualität des Produktes verbessert werden. Hiermit kann für thermoplastische FKV der Bereich der gängigen Halbzeuge sowie der Bereich der konfektionierten Halbzeuge ("Tailored Blanks") weiter erschlossen werden.

Das Verfahren dient somit zur Absenkung der Kosten bei der Herstellung von endlosfaserverstärkten Bauteilen aus Faser-Kunststoff-Verbund-(FKV)-Bauteilen.

Die Problematik wird mittels eines Verfahrens des Anspruchs 1 gelöst.

Die Vorteile des neuen Verfahrens "Mehrdimensionale prozeß- und bauteilorientierte Halbzeugkonfektionierung" werden anhand 3er Teil-Bereiche beleuchtet:

#### Textile- und Vorkonfektionierte Halbzeuge

Mit dem Verfahren zur Herstellung sogenannter "Manufacturing Process Adapted Reinforcements (MPAR)" können flächige textile Verstärkungsstrukturen erzeugt werden, die ohne typische textile Bindungstypen auskommen und trotzdem verarbeitbar sind. Als Armierung für Faser-Kunststoffverbundwerkstoffe eignen sich solche Halbzeuge insbesondere, da die Fasern ausgerichtet vorliegen und die benötigten Faserorientierungen beliebig einstellbar sind.

Durch die Art der eingesetzten Nähtechnik ist es ebenfalls, im Gegensatz zu einem sehr engen maschenbildenden Bett einer Wirkmaschine (Liba, Mayer, Malimo), möglich mehrdimensional, d. h. in verschiedenen Richtungen, Nähre einzubringen. Deshalb ist es auch möglich kontinuierlich Krafteinleitungselemente in die textile Verstärkungsstruktur einzubinden. Die Anbindung von Krafteinleitungselementen an die textile Struktur erfolgt dabei über Verstärkungsnähte die beim Annähen eingesetzt werden.

Durch die Erzeugung von bauteilspezifisch optimierten Nahtgeometrien auf der flächigen Strukturen, sind somit optimale Faserorientierung bei gleichzeitiger Gewährleistung der Verarbeitbarkeit gegeben. Das Verfahren ist auf einen kontinuierlichen Vorgang ausgelegt, und bietet somit die Möglichkeit einzelne Halbzeug-Konfektionierungen mittels eines Legeprogramms, im Sinne der Vermeidung von Verschnitt, optimal aufzubringen. Durch die Möglichkeit der kontinuierlichen Herstellung entfallen zahlreiche Handhabungs- und Zuschneideschritte. Ebenfalls können Handhabungsvereinfachungen durch Positionierungen usw. vorgenommen werden, was die folgenden Prozesse erheblich vereinfacht.

#### Duromere-FKV

Die Halbzeuge die durch Anwendung eines Verfahrens nach Anspruch 1 hergestellt werden, können je nach Anforderung endkonturgenau ausgeschnitten zu einem vereinfachten Preform-Assembly gebracht werden. Vorteile der Harzinjektionsverfahren können aufgrund der net-shape Fähigkeit (kein Ausfransen durch die, dem Rand fixierenden, Nähte) und der freien Einstellbarkeit der Faserorientierung, vollkommen ausgenutzt werden. Die Integration von Inserts und anderen Funktionslementen (z. B. Sensorik) erlaubt eine weitere Annäherung an die Wirtschaftlichkeit von Spritzgußprozessen. Nacharbeiten und die damit verbundene Schädigung des Laminates finden nicht statt. Race-Tracking-Effekte können durch eine Einstellbarkeit des Faservolumengehaltes im Randbereich vermieden werden. Durch die Verwendung spezieller Nahtparameter (Nadelgeometrie, Verknutungsanordnung), ist es möglich gezielt Fließkanäle in die Faser-Preform einzubringen, um die vollständige Imprägnierbarkeit der Struktur zu gewährleisten.

#### Thermoplast-FKV

Werden in Abhängigkeit von der Matrix, ausreichend temperaturbeständige Bindefäden eingesetzt, können solche kontinuierlich hergestellten "Manufacturing Process Adapted Reinforcements (MPAR)" mittels einer Pulverimprägniereinheit zur Herstellung von thermoplastischen FKV, eingesetzt werden.

Hiermit wird auch die Verarbeitung von HT-Thermoplasten ermöglicht. Durch die Begrenzung der Fadenanzahl wird die spätere Weiterverarbeitung nicht beeinträchtigt und die mechanischen Kennwerte in der Ebene bleiben erhalten.

Bedingt durch die Reduzierung der Nadelanzahl und die größere Durchgangshöhe können auch Folien kontinuierlich eingebracht werden, um Fließwege zu verkürzen.

Werden direkte Imprägniertechniken zur Verarbeitung von Hybridfäden eingesetzt, bieten sich die gleichen Potentiale wie bei der Verarbeitung von Duropunkt basierten FKV-Systemen.

#### Beispielbeschreibung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden in zwei Berei-

chen, Duromere-FKV und Thermoplast-FKV, unterteilt und näher beschrieben:

Es zeigen:

**Fig. 1** Anlage zur kontinuierlichen Herstellung von bau- teil- und prozessorientierten Verstärkungsstruktur-Halbzeu- gen

**Fig. 2** Bild eines kontinuierlich hergestellten Halbzeugs zur Radomfertigung mit integrierten Befestigungselemen- ten und lokalen, zusätzlichen Verstärkungen

**Fig. 3** Bild eines Radompreform-Einzelteils

**Fig. 4** Integration von Krafteinleitungen

**Fig. 5** Halbzeugherstellung zur flächigen Weiterverarbei- tung

#### Beschreibung der Erfindung

Mit einer Vorrichtung nach Anspruch 1 (**Fig. 1**), ist es möglich konfektionierte Faserhalbzeuge zu erzeugen, diese sind hinsichtlich Faserorientierung und Kontur des späteren

**20** Bauteils optimiert. Lokale Verstärkungen oder Nahteinbringen werden exakt nach gegebenen bauteil- oder prozess- spezifischen Anforderungen und Gegebenheiten vorgenommen.

Faserbündel oder Rovings (**1**) werden mit einer Legeein- heit (**2**), siehe Gelege-Herstellung (Liba, Malimo) mit ver-

**25** schiedenen Faserorientierungen abgelegt (**3**). Die Faserbündel werden hierbei auf einem Transportgatter (**4**) zur Vernähstation (**5**) transportiert. Die Vernähstation besitzt min- destens einen Nähkopf der beliebig in der Ebene program- miert werden kann. Die Nähgeschwindigkeit, bzw. die Be- wegung des Nähkopfes sind unabhängig von der Bewegung der Transportbänder. In einer folgenden Nähstation (**6**) wer- den zusätzliche Funktionselemente (z. B. Krafteinleitungsele- mente) und lokale Verstärkungen integriert. Das so her-

**30** gestellte Halbzeug kann auf Rollen aufgewickelt (**7**) trans- portiert werden. Es können beliebig viele Lege- und Vernäh- stationen in Reihe (nicht nur hintereinander geschaltet) be- trieben werden, weshalb die Einbringung von, in Produktionsrichtung orientierten Faserbündel-Scharen durch ein

**35** vorangeschalteten Nähprozess quer zur Produktionsrichtung gelingt. Vor, oder nach dem Ablegen der Faserbündel kön- nen zusätzlich flächige Verstärkungen, z. B. Sandwichele- mente dem Lagenaufbau zugeführt werden (**8**).

Im Folgenden werden zwei Beispiele aus der Verarbei-

**40** tungstechnik für duroplastische bzw. thermoplastische FKV gegeben.

#### Duromere-FKV

##### Beispiel Radom-Preform (**Fig. 2**, **Fig. 3** und **Fig. 4**)

Durch den Einsatz des Verfahrens nach Anspruch 1 kön- nen mehrere Prozessschritte zur Herstellung der trockenen Verstärkungsstruktur vermieden bzw. vereinfacht werden.

**55** Die separate Herstellung eines textilen Halbzeugs für das Preforming entfällt. Die handarbeitsintensive Vorbereitung zur Herstellung der Preforms kann automatisiert und we- sentlich vereinfacht werden. Eine kraftflussorientierte Posi- tionierung lokaler, zusätzlicher Versteifungen oder Verbin- dungselemente findet bereits während der Halbzeugherstel- lung statt. Durch den Einsatz solcher Halbzeuge wird auch eine Nachbearbeitung der Faser-Kunststoff-Verbunde ver- mieden.

Auf einer Anlage (**Fig. 1**) wird zunächst die Grundstruk- tur des Lagenaufbaus abgelegt (**3**). Der Aufbau hier ent- spricht einer Legeeinheit nach Prinzip Liba. Hierbei können Faserorientierungen und Lagenzahl beliebig eingestellt wer- den (z. B. quasi-isotrop). Die Geometriekontur (**9**) der Ra-

**65** chen, Duromere-FKV und Thermoplast-FKV, unterteilt und näher beschrieben:

dom-Abwicklung (**Fig. 2**) wird beliebig oft auf den flächig abgelegten Fasern aufgenäht (**10**). Das Ablegen des Lagenaufbaus und das Vernähen ist relativ zueinander, aber unabhängig, gesteuert. Die runde Außengeometrie wird durch in x- und y-Achse bewegliche Nähköpfe realisiert. Mit dem Nähkopf, bei dem einzelne Stiche programmierbar sind, werden die Befestigungselemente (**11**) integriert, d. h. ange näht (**16**) (**Fig. 4**). Diese Einsätze werden exakt auf den abgelegten Fasern positioniert. Ein weiterer Nähkopf fixiert lokale Verstärkungen wie Flechtschläuche (**12**), zusätzliche Faserbündel oder sonstige Verstärkungsstrukturen. Ausbrüche (**13**), wie zum Beispiel für Bolzenverbindungen werden im gleichen Prozess abgebildet. Zur Versteifung der Struktur werden in definierte Zonen zusätzlich Nähte (**14**) zur Steigerung der Schiebefestigkeit eingebracht.

Mehrere Einzelprozesse werden durch dieses Verfahren ersetzt, der Prozess findet maßgeschneidert statt. Zuschneidearbeiten und Positionierarbeiten beim Preform-Zusammensetzungsbau einzelner Zuschnitte werden bis auf ein Mindestmaß reduziert. Der Verschnitt wird durch diese Maßnahmen erheblich reduziert, insbesondere wenn eine optimale Anzahl an Preforms auf die Legebreite der Maschine projiziert wird.

An den Nähpunkt anschließend kann die Rolle mit den vorgefertigten Verstärkungshalbzeugen (**7**) aufgerollt werden, dies dient einer optimalen Handhabbarkeit der bauteilorientierten Halbzeuge, eine Verschiebung der Einzellagen, bzw. Ausfransen wird vermieden.

Nach dem Abrollen werden die Preforms ausgestanzt oder ausgeschnitten, die fertige Preform (**Fig. 3**) (**15**) kann in das Werkzeug eingelegt werden. Die Positionierung der Preform im Werkzeug, zur Sicherung der Faserorientierungen geschieht über die Befestigungselemente (**11**) bzw. der lokalen Verstärkungen (**12**). Eine Faltenbildung des textilen Verstärkungselements findet nicht statt, da zwischen den Einzellagen keinerlei Bindung hergestellt wurde. Die Zahl der eingebrachten Nähte (**14**) richtet sich nach der notwendigen Schiebefestigkeit zur Preform-Montage bzw. des duromeren Verarbeitungsprozesses.

Das so hergestellte Bauteil ist endkonturgenau (**15**), was sich aus dem Halbzeugherstellungsprozess ergibt. Die Prozessschritte der Nachbearbeitung entfallen.

#### Thermoplast-FKV

##### Beispiel Kofferhalbschale (**Fig. 5**)

Der Einsatz eines Verfahrens nach Anspruch 1 ermöglicht eine bauteilorientierte Herstellung von Faser-Halbzeugen zur Weiterverarbeitung zu thermoplastischen Faser-Kunststoff-Verbunden. Die Konsolidierung der bauteilorientierten Halbzeuge kann weiterhin mit Hilfe einer Doppelbandpresse kontinuierlich erfolgen. Eine kontinuierliche Herstellung von Thermoplast-Prepregs auf einer Pulverstreu anlage ist möglich, sofern temperaturbeständige Nähfäden eingesetzt werden.

Auf einer Anlage (**Fig. 1**) wird zunächst die Grundstruktur (**3**) des Lagenaufbaus abgelegt. Die notwendige Anzahl an Nähten (**18**), zur Fixierung der Einzellagen, werden mittels eines Nähkopfes aufgebracht. Es werden nur soviele Nähte wie unbedingt nötig eingebracht. Lokal können an impactgefährdeten Zonen erhöhte Z-Fadenanteile eingebracht werden (**17**). Die Herstellung erfolgt kontinuierlich, auf einer definierten Legebreite. Das hier noch flächige Halbzeug kann auf Rollen transportiert werden. Durch die geschlossene Fläche und der definierten Breite des Halbzugträgers, kann eine Pulverimprägnierung bzw. eine Imprägnierung auf einer Doppelbandpresse erfolgen.

Werden auf der Anlage (**Fig. 1**) Hybrid-Garne verarbeitet,

kann die Imprägnierung auf einer Doppelbandpresse oder mittels Direktimprägnierung stattfinden. Für das Direktimprägnierverfahren ist die gleiche Vorgehensweise wie bei duromeren FKV vorgesehen. Im Bezug auf Near-Net-Shape 5 Technologien, von einfachen Geometrien, eröffnen sich die gleiche Möglichkeiten wie für duromere Systeme

#### Patentansprüche

1. Kontinuierliche Herstellung von bauteil- und prozessorientierten Faser-Halbzeugen ausgehend von Faserbündeln, dadurch gekennzeichnet, daß diese Faserbündel auf einer Legeeinheit abgelegt und durch beliebig orientierte Nähte fixiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Nähte das Bauteil endkonturgenau darstellen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß Krafteinleitungselemente in die Faserstruktur integriert werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzliche Verstärkungsstrukturen, bereichsweise oder flächig, (Bsp. Textile Flächengebilde, Rovings) positioniert und nähtechnisch fixiert werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß Matrixsysteme, bereichsweise oder flächig, in Form von Folien bzw. Filmen in die Faserstruktur integriert werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß Kernwerkstoffe, bereichsweise oder flächig, (Bsp. Waben-, Zell- und Schaumstrukturen) in die Faserstruktur integriert werden.
7. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5 und 6 dadurch gekennzeichnet, daß an die Nahtfunktion angepaßt, unterschiedliche Nähgarne (Bsp. matrixkompatible Nähfäden) verwendet werden. Nahtfunktionen werden definiert als Fixier- bzw. Positionernähte, lokale bzw. flächige Struktornähte, prozessbedingte Nähte und Montage bzw. Handling dienliche Nähte.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

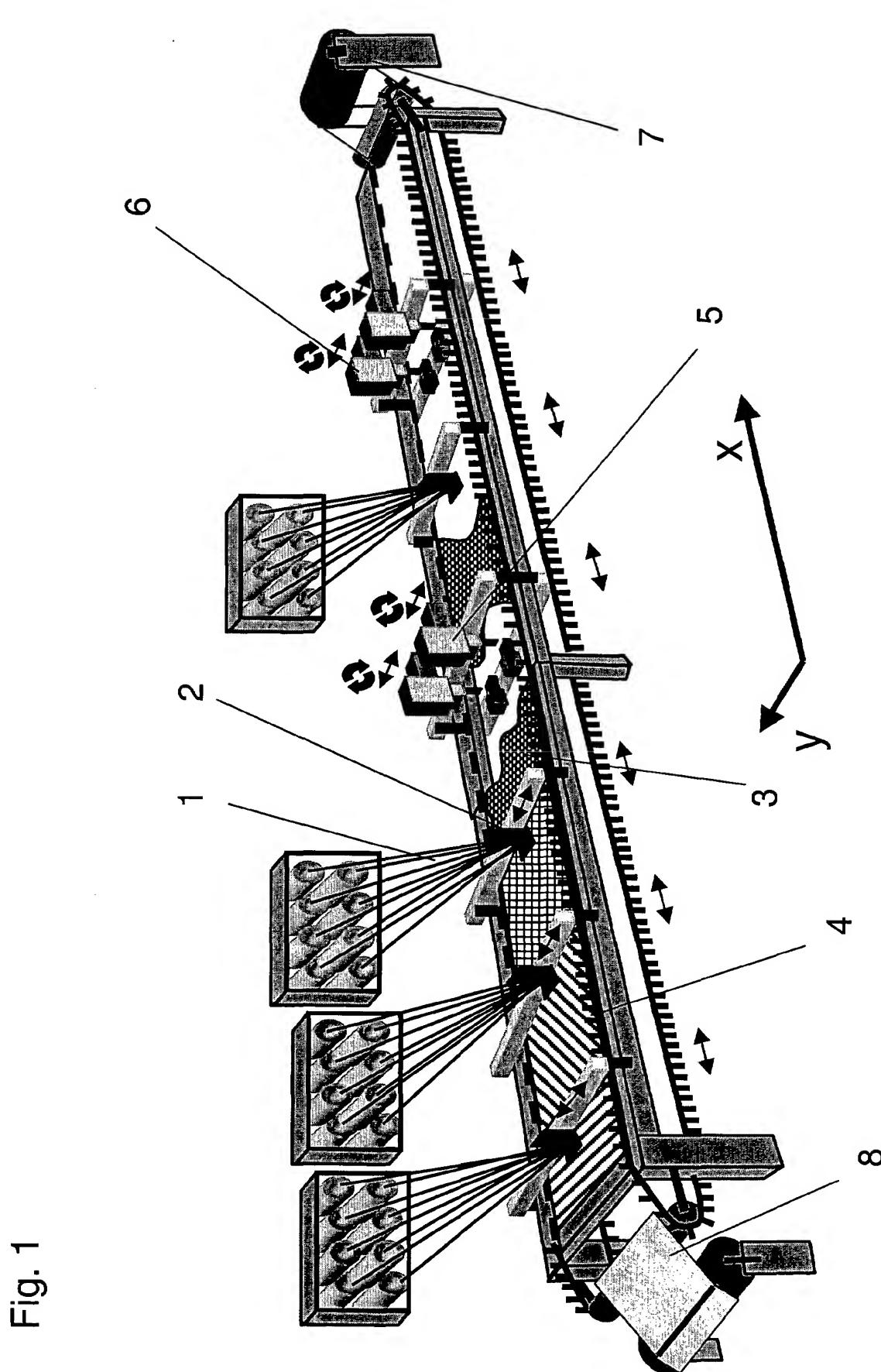


Fig. 1

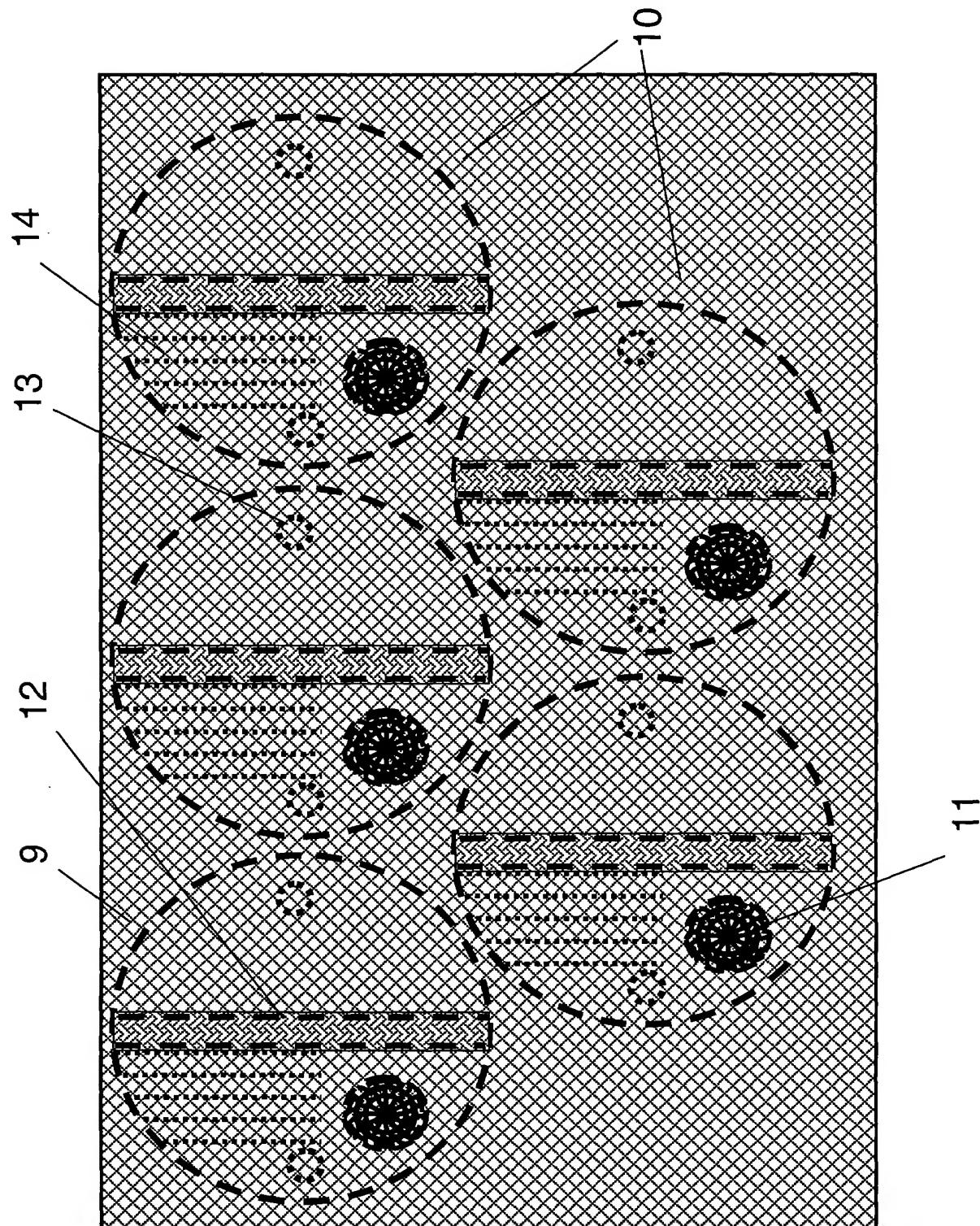


Fig. 2

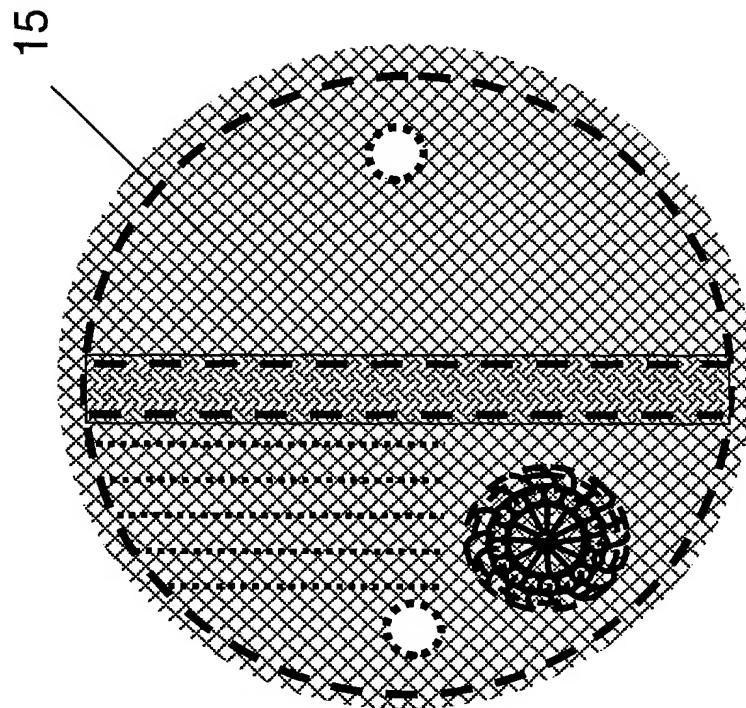


Fig. 3

16

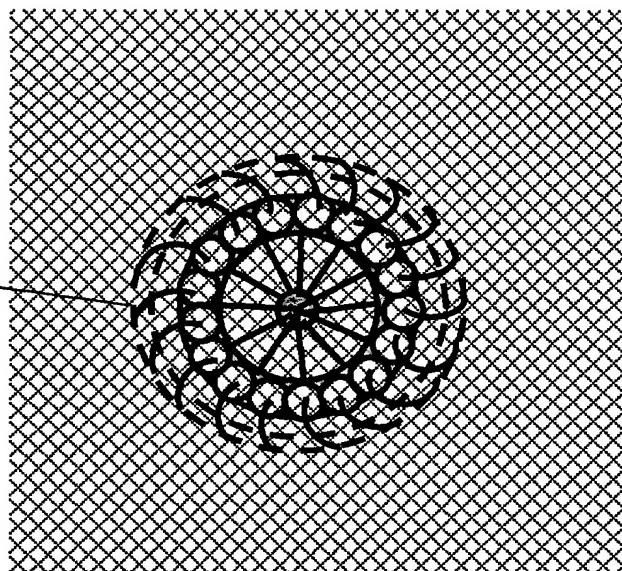


Fig. 4

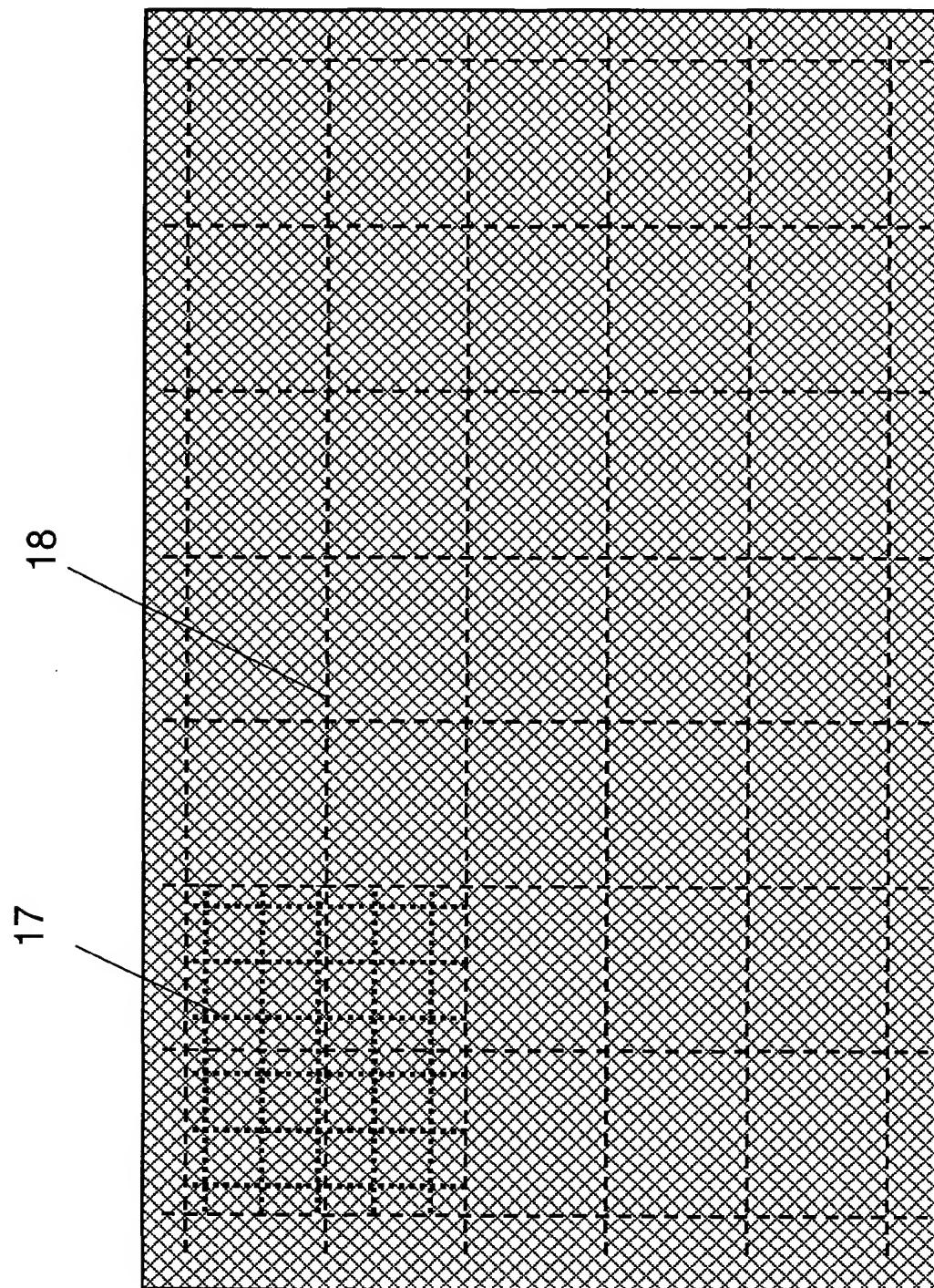


Fig. 5